



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09044698 A**(43) Date of publication of application: **14.02.97**(51) Int. Cl. **G06T 15/70**(21) Application number: **07189225**(22) Date of filing: **25.07.95**(71) Applicant: **HITACHI LTD**(72) Inventor: **IINO TAKAYUKI  
SAKAI KUNIZO**(54) **METHOD AND DEVICE FOR GENERATING  
SIMULATED MARINE WAVE IMAGE**

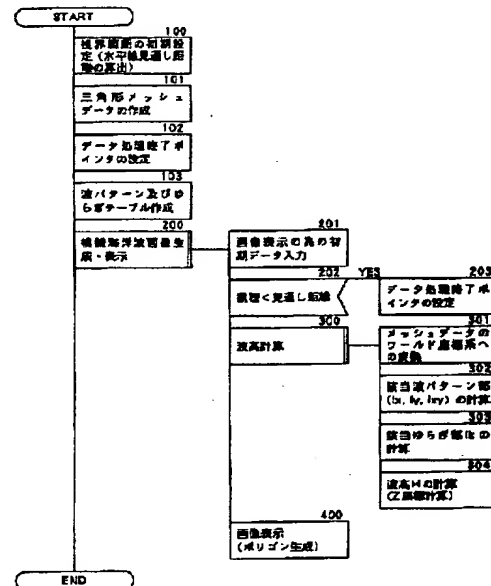
(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for generating a simulated marine wave image which is expressed by a triangle wave mesh and is rich in reality and by which a high speed processing can be performed.

**SOLUTION:** The initialization of a field of vision range is performed according to a field of vision range height  $h$  from the surface of the sea (100), each intersected point ( $x$ ,  $y$ , and  $z$  coordinates,  $z=0$ ) of a three-dimensional mesh extending to the field of vision range is calculated (101) and each intersected point is stored in a mesh data storage part. The quantized data of 'fluctuation' modulating the quantized data of the wave height pattern changing by a sine wave and as wave pattern according to the time lapse is calculated and is made into a table (103). After the initial data of an image display such as a range of visibility, etc., is inputted, a wave height calculation is started (300). At first, the  $x$  and  $y$  coordinates of each intersected point is converted into the  $X$  and  $Y$  of a word coordinate system (301). Based on the  $X$  and  $Y$ , the quantized point of the wave pattern and the quantized point of fluctuation are determined (302 and 303). The wave

height synthesizing retrieved table data is imparted to a  $Z$  coordinate (304).

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-44698

(43) 公開日 平成9年(1997)2月14日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 6 T 15/70

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 6 F 15/62

技術表示箇所

3 4 0 K

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平7-189225

(22) 出願日 平成7年(1995)7月25日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 飯野 隆之

茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株

式会社日立製作所大みか工場内

(72) 発明者 酒井 邦造

茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株

式会社日立製作所大みか工場内

(74) 代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

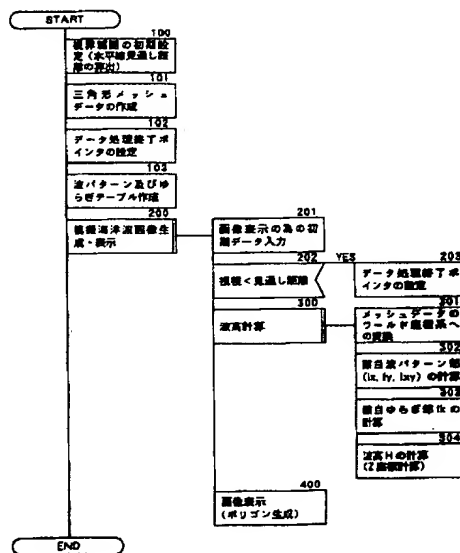
(54) 【発明の名称】 模擬海洋波画像の生成方法および生成装置

(57) 【要約】

【目的】 三角形メッシュにより表現され、リアリティに富みしかも高速処理できる模擬海洋波画像の生成方式を提供する。

【構成】 海面からの視界高さ $h$ に応じて視界範囲の初期設定を行い(100)、視界範囲に展開する三次元三角形メッシュの各交点( $x$ ,  $y$ ,  $z$ 座標、但し $z=0$ )を算出し(101)、メッシュデータ記憶部31に格納する。また、正弦波で変化する波高パターンの量子化データ、波パターンを時間経過に応じて変調する”ゆらぎ”の量子化データを算出し、テーブル化する(103)。視程など画像表示の初期データを入力後、波高計算を開始する(300)。まず、各交点の $x$ ,  $y$ 座標をワールド座標系の $X$ ,  $Y$ に変換し(301)、 $X$ ,  $Y$ を基に波パターンの該当量子化点とゆらぎの該当量子化点を決定し(302, 303)、検索したテーブルデータを合成した波高を、 $Z$ 座標に与える(304)。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 視点の移動に応じて変化する海洋波の模擬画像を生成する方法において、前記視点の高さに応じた水平線方向の見通し距離と視界角度による視界領域を設定し、前記海洋波を三次元の三角形メッシュで表現して前記視界領域に展開する際に、前記三角形メッシュの各交点を表わす $x$ 、 $y$ 、 $z$ 座標のうち、 $x$ 及び $y$ 座標は前記視界領域に対応して求め、 $z$ 座標は前記視点の変位の関数関係より求めた波高を与えることを特徴とする模擬海洋画像の生成方法。

【請求項2】 請求項1において、前記視界領域は、移動体上の所定位置を視点として見える模擬の四角錐領域に相当することを特徴とする模擬海洋画像の生成方法。

【請求項3】 請求項1または2において、前記三角形メッシュにおける単位三角形の一边の幅を、前記見通し距離に応じて段階的に大きく設定して、前記各交点の座標（以下、メッシュデータと呼ぶ）を求めることを特徴とする模擬海洋画像の生成方法。

【請求項4】 請求項3において、前記メッシュデータは、前記見通し距離が一定値を超える視界領域について、平面の台形座標として求めることを特徴とする模擬海洋画像の生成方法。

【請求項5】 視点の移動に応じて変化する海洋波の模擬画像を生成する方法において、前記視点の高さに応じた水平線方向の見通し距離と視界角度による視界領域を設定し、前記海洋波を三次元の三角形メッシュで表現して前記視界領域に展開する際に、前記三角形メッシュの各交点を表わす $x$ 、 $y$ 、 $z$ 座標のうち、 $z$ 座標は前記海洋波の波高により与え、前記視点の変位に対応して変化する波パターンを予め量子化して作成したデータテーブルを、前記 $x$ 、 $y$ 座標を基に算出する前記視点の変位によって検索して前記波高を求めることを特徴とする模擬海洋画像の生成方法。

【請求項6】 請求項5において、前記波高は、時間経過に応じて変化するゆらぎ値によって変調することを特徴とする模擬海洋画像の生成方法。

【請求項7】 請求項1～6のいずれか1項において、前記 $x$ 、 $y$ 座標をワールド座標系に変換した後に前記 $z$ 座標の計算を行い、これら変換後の三次元座標に従って、前記三角形メッシュを画面上に表示することを特徴とする模擬海洋画像の生成方法。

【請求項8】 CPU、記憶装置、入力装置及び表示装置を備え、海洋波の模擬画像を生成する装置において、前記入力装置から入力される視点の高さを基に、水平線方向の見通し距離と視界角度による視界領域を決定し、前記海洋波を三次元の三角形メッシュで表現して前記視界領域に展開する際に、前記三角形メッシュの各交点を表わす $x$ 、 $y$ 、 $z$ 座標のうち、前記視点の変位の関数関係より前記海洋波の波高を求め、該波高で前記 $z$ 座標

を決定する海洋波画像生成手段を備えることを特徴とする模擬海洋画像の生成装置。

【請求項9】 CPU、記憶装置、入力装置及び表示装置を備え、海洋波の模擬画像を生成する装置において、前記入力装置から入力される視点の高さを基に、水平線方向の見通し距離と視界角度による視界領域を決定し、前記海洋波を三次元の三角形メッシュで表現して前記視界領域に展開する際に、前記三角形メッシュの各交点を表わす $x$ 、 $y$ 、 $z$ 座標のうち、 $z$ 座標は前記海洋波の波高より決定する海洋波画像生成手段と、前記視点の変位に対応する波パターンを予め量子化して、前記海洋波画像生成手段からの検索が可能ないように構成した波高データテーブルを、備えることを特徴とする模擬海洋画像の生成装置。

【請求項10】 視点の移動や時間に応じて変化する海洋波の模擬画像を生成する装置において、模擬する視界領域を決定するために視点高さ等の初期条件を設定する入力手段と、

前記視界領域に展開する三次元の三角形メッシュの各交点の座標のうち、所定の二次元座標を求めるメッシュデータ作成手段と、海洋波の波高の変化を模擬する波パターン及び、該波パターンを時間経過に応じて変調するゆらぎを、それぞれ量子化したデータテーブルを作成する波パターン作成手段と、前記所定の二次元座標に基づいて前記データテーブルから検索した波パターンとゆらぎの該当量子化値を合成して各交点の波高を求め、残るもう一つの座標を決定する波高計算手段を有する海洋波画像生成手段と、

前記データテーブルと各交点について求めた三次元座標のメッシュデータを格納する記憶装置と、

前記メッシュデータを基にして模擬海洋波画像を表示する表示手段と、を備えることを特徴とする模擬海洋波画像の生成装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明はコンピュータグラフィックスに係り、特に海洋波模擬視界の画像発生方式に関する。

## 【0002】

【従来の技術】コンピュータグラフィックスを利用して模擬の動画像を発生する装置に、特開昭58-54374号公報に記載の模擬視界発生装置がある。この例では、複数の表示対象物に優先度をつけ、処理能力を超える量のデータが供給された場合は、優先度の高い図形のみを確実に表示し、優先度の低いデータについては表示対象外として、計算機の処理負荷を軽減させている。また、特開昭64-64068号公報では、海洋波面を矩形データを用いて表現する際に、変化する波高を矩形のメッシュ点の高さデータとして与えて、波面の描写を実現している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来技術で、前者の模擬視界発生装置では、処理能力を超えるデータについてはデータ処理を行わない為、動画像を表示する場合に、リアル感に乏しい画像となる問題点がある。

【0004】後者の波面モデル構成装置では、波面の動的な描写を可能にしてはいるが、モデルの全ての領域に詳細処理を適用するために、CPUの処理能力の制約から画像の高速切替が困難であり、表示画面上のリアリティが十分には実現できない問題点がある。

【0005】本発明の目的は、三次元の三角形メッシュを採用し、視点の移動さらには時間経過に応じて変化するリアリティの高い模擬海洋波画像の生成方法及び装置を提供することにある。

【0006】本発明の目的は、視点距離に応じた詳細度の変更あるいは波高計算のテーブル化により、処理速度を大幅に向上した模擬海洋波画像の生成方法及び装置を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記した本発明の目的は、視点の移動に応じて変化する海洋波の模擬画像を生成する方法において、前記視点の高さに応じた水平線方向の見通し距離と視界角度による視界領域を設定し、前記海洋波を三次元の三角形メッシュで表現して前記視界領域に展開する際に、前記三角形メッシュの各交点を表わす $x$ 、 $y$ 、 $z$ 座標のうち、 $x$ 及び $y$ 座標は前記視界領域に対応して求め、 $z$ 座標は前記視点の変位の関数関係より求めた波高を与えることにより達成される。

【0008】前記波高は、時間経過で変化するゆらぎにより変調されることを特徴とする。

【0009】前記三角形メッシュにおける単位三角形の一辺の幅を、前記見通し距離に応じて段階的に大きく設定して、前記各交点の座標（以下、メッシュデータと呼ぶ）を求めることを特徴とする。

【0010】前記波高は、前記視点の変位に対応して変化する波パターンを予め量子化して作成したデータテーブルを、前記 $x$ 、 $y$ 座標を基に算出する前記視点の変位によって検索して前記波高を求めることを特徴とする。

## 【0011】

【作用】本発明の構成によれば、海洋波（但し、海と限らない）の表現に、面表現の最小頂点数である三角形メッシュデータを採用することで、画像生成を以下のように簡単にしている。即ち、まず、三角形メッシュの各交点の二次元座標（ $x$ 、 $y$ ）を求め、残るもう一つの座標（ $z$ ）に、視点の移動や時間経過で変動する波高を与えて、リアリティの高い模擬海洋波の動画像を生成する。

【0012】視点の移動とは、例えば走っている船の艦橋窓から見える視界の移動に対応される。本発明による海洋波画像は、視点の移動に応じて時々刻々変化する海洋面を、視界条件（視点の高さや視程）に応じて生成す

る。さらに、視点が固定している場合、即ち移動体が停止している場合にも時間により変化する前記ゆらぎによって波高を変調し、実際の海面の動きに近い臨場感に富んだ海洋波画像を提供する。

【0013】また、実際の海面の動きは視点から遠ざかるほど判らなくなることに留意し、視界に展開する三角形メッシュは、視点からの距離に応じて単位三角形に含まれる領域、即ち計算上の三角形の1辺（メッシュ幅）を大きくし、これによって処理量を大幅に低減している。

【0014】さらに、予め、視点の変位に対応する複数の波高パターンを量子化し、また、時間経過で波高を変調する前記ゆらぎを量子化し、それらのデータテーブルを作成しておくことで、波高計算で最も時間のかかる関数計算をデータ検索に置き換えて高速化している。

【0015】本発明によれば、コンピュータグラフィックスで三角形メッシュにより表現され模擬海洋波画像は、品質と処理性の両面から、十分なりアリティを備え実用に供し得る動画像（画面切り換え）を実現している。

## 【0016】

【実施例】次に、本発明の一実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

【0017】図2に、本実施例による模擬海洋波画像生成装置の構成を示す。この画像生成装置は計算機を用いて構成される。CPU1の機能により構成される海洋波画像生成部は、メッシュデータ作成部11、波パターン作成部12及び波高計算部13を備えている。主メモリ2には、波パターン作成部12によって作成され、波高計算部13によって参照される波パターンテーブル21とゆらぎテーブル22を記憶している。

【0018】画像生成部1には、マウスやキーボード等をもつ画像データ入力装置4から、図示しない入力処理部を介して、画像表示のための種々のデータが入力される。メッシュデータ作成部11で算出された三角形メッシュの各頂点の座標（ $x$ 、 $y$ 、 $z$ ）は、画像記憶装置（磁気ディスク）3のメッシュデータ記憶部31に格納される。表示データ記憶部32には、ワールド座標系に変換された $X$ 、 $Y$ 座標値と、波高計算により算出された $Z$ 座標値とからなる海洋波画像データが格納される。画像生成部1は、海洋波画像データを図示しない出力処理部を介して、表示装置5に送り、クリップ処理等を行う表示制御部51の処理を経て、ディスプレイ（CRT、大型スクリーン等）52に表示する。

【0019】図3は、本実施例による海洋波画像の生成原理を説明する概念図である。模擬海洋波画像は、視点から例えば四角錐コーンで覗いた視界範囲に対し、三次元の三角形メッシュの構図を、各交点（メッシュ点）の二次元の $x$ 、 $y$ 座標で展開し、メッシュ点の $z$ 座標に変動する波高を与えている。

【0020】また、海面上で見る海洋波はどの方向を見ても類似しており、しかも遠くなるほど波面の動きが判らなくなる性質に着目し、単位三角形に包含される計算上のメッシュ幅は視点からの見通し距離に応じて、図3(a)のように段階的に大きくし、メッシュの単位三角形に包含される領域を視点から遠ざかるほど広くしている。もちろん、表示に際しては通常の遠近法が適用され、単位三角形の表示サイズは視点から遠ざかるほど相対的に小さくなるように換算される。さらに、視点から一定距離以遠では、台形平面による簡略表現も採用して

【0021】表1に、表示レベルに応じた視点からの距\*

表 1

レベル	視点からの距離	三角形のメッシュ幅
1	31m	1.5m
2	62m	3m
3	125m	6m
4	249m	12m
5	499m	24m
6	998m	48m
7	1,995m	96m
8	3,991m	192m
9	16,000m	— (台形)

【0023】図1は、本実施例の模擬海洋波画像の生成方法を示すフローチャートである。まず、画像生成部1は、海面からの視点の高さ $h$ を入力され、視界範囲の初期設定を行う。即ち、視点の高さ $h$ から見える視界角度 $\theta$ （四角錐コーンの広がり角度）を設定し、水平線の見通し距離 $L$ を算出する（ステップ100）。図3では、視界角度 $\theta$ は $60^\circ$ である。水平線の見通し距離 $L$ は、図3(b)に示すように、地球の曲率半径 $R$ （ $R \gg h$ ）とすると、式(1)より算出する。

【0024】

$$【数1】 (R+h)^2 = L^2 + R^2$$

$$L^2 = 2Rh + h^2$$

$$L = \sqrt{(2R+h)h}$$

$$R \gg h \text{ であるから、}$$

$$L = \sqrt{2Rh}$$

$$= k \cdot \sqrt{h} \quad \dots (1)$$

ここで、 $k$ ：定数（ $=\sqrt{2R}$ ）である。海面からの視点高さ $h$ を20mとすると、見通し距離 $L$ は約16000(m)となる。

【0025】次に、メッシュデータ作成部11は、算出した見通し距離 $L$ 内の模擬視界に対し、視点 $O(x_{11},$

\* 離と三角形の一辺であるメッシュ幅を示す。この場合の視点は、艦橋窓から見える模擬視界の目の位置（原点）である。表示レベルは、視点からの距離を概ね2の $n$ 乗倍で区分した視界領域と対応している。即ち、表示レベル1は、視点から $y$ 軸方向に31(m)以内の視界領域で、 $x$ 軸方向の三角形のメッシュ幅が1.5(m)、表示レベル2は、視点から31(m)以上で62(m)以内の視界領域で、メッシュ幅が3.0(m)と、いう具合に設定される。

【0022】

【表1】

30  $y_{11}, z_{11}$ ）からの距離に応じて、各表示レベル毎に三角形を単位とするメッシュデータを作成する（ステップ101）。三角形は多面体の中で頂点数が最も少ないので、その分だけ処理を簡単にできる。

【0026】図4(a)に、三角形メッシュのメッシュ点座標の模式図、図4(b)に、メッシュ点座標による模擬海洋波画像のメッシュデータの構造を示す。図示のように、表示レベル1の視界領域では、メッシュ幅1.5mの三角形メッシュの各座標（ $x_{1i}, y_{1i}, z_{1i}; i=1 \sim 576$ ）を計算して、メッシュデータテーブル121に格納する。ここでは、 $z$ 座標はまだ算出されず0(m)としている。同様に、表示レベル2以降の各座標（ $x_{ni}, y_{ni}, z_{ni}$ ）を計算する。

40 【0027】レベル9の視界領域、即ち、視点 $O$ から3991m以遠では海洋波の実際の動きは分からなくなるので、三角形のメッシュ形状にはよらず一つの台形平面が対応され、台形の頂点座標（ $x_{gi}, y_{gi}; i=1 \sim 4$ ）のみが計算される。19インチ画面の例でみると、1280×1024ピクセル精度において、3991(m)の距離における2.5(m)の波高はわずか1ピクセルに過ぎず、レベル9領域の詳細表示がなくても、

模擬海洋波画像としてのリアリテを確保できることが分かる。

【0028】このように、視点からの距離に段階的に対応した表示レベル1～9によって、模擬視界領域に展開する三角形メッシュの各交点のx, y座標を求めて(z=0)、メッシュデータテーブル31に格納後、テーブル31におけるデータ終了ポイントを設定する(ステップ102)。

【0029】次に、波パターン作成部12は入力部4から、波パターン長さPLとパターン分割数n、ゆらぎ分割数mを設定され、後述の波高計算に使用する波パターンテーブル21とゆらぎテーブル22を作成する(ステップ103)。この処理は、波高計算の前処理であり、波パターン長さPLや分割数n, mが一定の場合は、前回作成のテーブルが利用できる。

【0030】図5は、波パターンテーブルとゆらぎテーブルのデータ構造図である。図6は、波パターンとゆらぎの概念を説明する模式図である。波パターンテーブル21は、例えば、視点位置を変数とする正弦波関数により算出される海洋波の波高値を、予めパターン毎に量子化したデータを格納している。

【0031】図6(a)の波パターンは、パターン1～パターン8を基本形状として、1周期(波周期)の波高計算に繰り返し使用される。波パターン長さPLは、パターン1から8の波長比の総和である。この例ではPL\*

$$\xi = \sin(\phi + 2\pi \times i / m) \times 0.7 + 0.3 \dots (2)$$

ここで、 $\phi$ :波パターン毎に設定される開始角度、量子化点i:  $0 \leq i < m$ 、である。

【0036】図5(b)に示すように、これら量子化点のデータ(正規化値)がゆらぎテーブル22に、ゆらぎ分割数だけ階層化して格納され、後述のように波高計算の時間経過tに応じて参照される。

【0037】次に、模擬海洋波画像の生成・表示処理を開始する(ステップ200)。最初に、画像を表示するための初期データとして、視程Lsや波浪階級などの環境データを設定する(ステップ201)。視程Lsや波浪階級Rwなどは、目的に応じて過去の実績値が入力される。

【0038】視程とは、海面上の視界を制限する明るさや霧の状態など、自然環境に応じて変化する人間の目に見える視界距離で、最大値が見通し距離Lとなる。Ls < Lのとき(ステップ202)、視程Ls以内のデータ領域の最後を示すデータ処理終了ポイント(前述のデータ終了ポイントより手前になる)を設定し(ステップ203)、表示が不要になる領域の処理を省略している。また、画像の更新に際して視界距離を変化させて、臨場感を高めることもできる。

【0039】次に、表示する視界範囲の波高Hを計算する。即ち、1画面分の三角形メッシュの各交点のZ座標値を、ステップ102もしくはステップ203にて決定

\* = 6.0に設定されているので、波長 $\lambda = 20$ (m)とすると、1周期の移動距離は120(m)になる。本例のパターン数は8個であるが、任意に変更可能である。各パターンの波高比、波長比は、最大値1.0の正規化値である。各々の値は任意に変更でき、また、正弦波以外を基本形状とすることも可能である。

【0032】パターン分割数nは、パターン1からパターン8の中を量子化する標本数に相当する。図6(a)の例ではn=10とし、量子化点(黒丸の印)の総数、すなわち1周期のパターン分割の総数は80となっている。実際の海洋波モデルでは1000程度になる。図5(a)に示すように、これら量子化点のデータ(正規化値)が波パターンテーブル21に格納される。

【0033】ゆらぎは、図6(b)に示すように、波パターンの波高比に $\pm 1.0$ の範囲で変調を与えるものである。同図は波パターン1の変調例で、ゆらぎ分割数m=10として、波パターンの分割位置に対応してm分割して量子化したもので、このパターンにおけるゆらぎの量子化点の数は、パターン分割数10×ゆらぎ分割数10=100となる。

【0034】量子化点のゆらぎ値 $\xi$ は、式(2)により算出する。

【0035】

【数2】

したデータ処理終了ポイントまで計算する(ステップ300)。

【0040】このため、メッシュデータ記憶部31に記憶している模擬海洋波画像のメッシュデータをワールド座標系へ変換し、表示データ記憶部32に転送する(ステップ301)。

【0041】図7に、ワールド座標系(X, Y)の表示対象エリアにおける模擬視界のメッシュ点と波パターンの関係を模式的に示す。同図で、船の先端(視点)からの模擬視界におけるメッシュ点(x, y)は、表示画面左下の中心座標(0, 0)に対し図示のように位置づけられる。

【0042】この場合、メッシュ点(x, y)の波高は、X方向の変位 $1x = x'$ 、Y方向の変位 $1y = y'$ 及びXY方向の変位 $1x = y'\sqrt{(x'^2 + y'^2)}$ の各波パターン(始点は中心座標(0, 0))の値の合成値として求めることができる。なお、本実施例での波パターンによる波高は、ゆらぎ $\xi$ により変調して合成している。

【0043】このため、まず波パターンの3方向の変位、即ち、該当量子化点 $1x$ 、 $1y$ 、 $1xy$ と、ゆらぎの該当量子化点 $1k$ を、式(3)～(6)により算出する(ステップ302、303)。

【0044】

## 【数3】

$$l x = \text{整数} [ ( \text{mod} ( X / \lambda \times P L ) / ( \lambda \times P L ) ) \times n ] \quad \cdots (3)$$

$$l y = \text{整数} [ ( \text{mod} ( Y / \lambda \times P L ) / ( \lambda \times P L ) ) \times n ] \quad \cdots (4)$$

$$l xy = \text{整数} [ ( \text{mod} ( \sqrt{X^2 + Y^2} / \lambda \times P L ) / ( \lambda \times P L ) ) \times n ] \quad \cdots (5)$$

$$l k = \text{整数} [ ( \text{mod} ( t / T ) / ( t / T ) ) \times m ] \quad \cdots (6)$$

ここで、X、Yの値は、模擬視界の対象エリアを表すワールド座標系における三角形メッシュデータの座標値である。波周期T及び波長λは、ステップ201で入力された波浪階級に応じて、最大波高Aとともに、表2のよ\*10

表 2

波 浪 階 級	1	2	3	4	5
A: 最大波高 [m]	0.03	0.25	0.45	1.25	2.50
T: 波周期 [秒]	2.0	4.0	8.0	12.0	20.0
λ: 波長 [m]	2.0	4.0	8.0	12.0	20.0

【0046】次に、上記で求めた波パターンの該当量子化点に対応するlx, ly, lxyと、ゆらぎパターン20の該当量子化点に対応するlkを基に、波パターンテーブル21とゆらぎテーブル22から各値を検索し、模擬※

$$H = \text{最大波高} A \times \\ (\text{波パターンテーブル} [lx] \times \text{ゆらぎテーブル} [lx] [lk] + \\ \text{波パターンテーブル} [ly] \times \text{ゆらぎテーブル} [ly] [lk] + \\ \text{波パターンテーブル} [lxy] \times \text{ゆらぎテーブル} [lxy] [lk]) / 3 \quad \cdots (7)$$

上式で、例えば、波パターンテーブル[lx]は、量子化点lxに該当する波パターンテーブルの格納値である。以上により、メッシュ点の座標(x, y)に対するz座標に対応し、ステップ201より入力された波浪階級（これにより、波長、波周期及び最大波高が決定される）と経過時間tに応じ、波高Hが計算される。

【0048】本実施例によれば、予め量子化された波パターンテーブル及びゆらぎテーブルを用意することで、波高の変化を正弦波で模擬する場合にはその三角関数の演算を省略でき、波高計算を格段に高速化できる。

【0049】最後に、ステップ201にて入力した各表示対象物の位置座標及び環境データ等に応じて、画像表示部にポリゴン生成等の画像表示を行う（ステップ400）。これらの一連の処理は画像表示中、繰り返される（ステップ200）。

【0050】図8に、本実施例により生成され、表示制御部51を介してディスプレイ52に表示した模擬海洋波画面の一例を示す。図示例は、視点高さ20(m)において60°の視界角度に見える模擬視界範囲を、コンピュータグラフィックスのクリップ処理を経て表示したもので、図3の視点（視点高さ=0）から、約20

(m) 先の視程以遠が表示されている。図示のように、メッシュの単位三角形の大きさは、視点側（画面下部）

※海洋波画像データのZ座標値となる波高Hの計算を、式（7）により算出する（ステップ304）。

【0047】

【数4】

から遠ざかるほど遠近法により小さく表示されている。しかし、単位三角形の含む計算上の視界領域は、表示レベルに応じて段階的に広がっている。

【0051】同図は、1画面の更新周期が50～100（ミリ秒）、各メッシュ点はsinカーブを基本形状として視点の移動に応じて変化し、さらに、時間経過に応じた“ゆらぎ”により変調される。

【0052】以上、本実施例の波高の計算においては、波パターンを時間経過に伴うゆらぎで変調することで、船（視点）が停止してx, y座標が変化しない場合にも、時間的に変動する海洋波が表示できるので、リアリティがより向上できる。しかし、ゆらぎを考慮しないで、視点の移動に応じた波パターンの変化より模擬海洋波画像を生成することも可能である。

【0053】

【発明の効果】本発明によれば、海洋波画像を最小頂点数となる三次元の三角形メッシュで模擬し、模擬視界領域に各メッシュ点のx, y座標を求めて展開し、残るz座標を視点の移動に応じて変化する波高パターンから求めた波高を与えるので、画像処理が簡単にできる効果がある。

【0054】本発明によれば、波高パターンを時間的に変化するゆらぎにより変調して求めた波高でメッシュ点

を変化し、動画像の海洋波を模擬するので、違和感がなくリアリティの高い海洋波画像を提供できる効果がある。

【0055】本発明によれば、三角形メッシュにより海洋波画像を生成する場合に、視程に応じて単位三角形の包含する計算上の視界領域を段階的に大きくするので、メッシュ点が減少して処理速度を向上できる効果がある。

【0056】本発明によれば、波パターンとゆらぎ値を、予め、複数に分割した量子化点データとしてそれぞれテーブル化しておき、波高はそれらテーブルからの検索データの合成値として求めるので、波高計算の処理を大幅に高速化できるので、動画像のリアリティを十分に確保でき、臨場感に富んだ高品質の海洋波画像を提供できる効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による模擬海洋波画像の生成方法を示すフローチャート。

【図2】本発明の一実施例による模擬海洋波画像生成装置の機能ブロック図。

20

【図8】

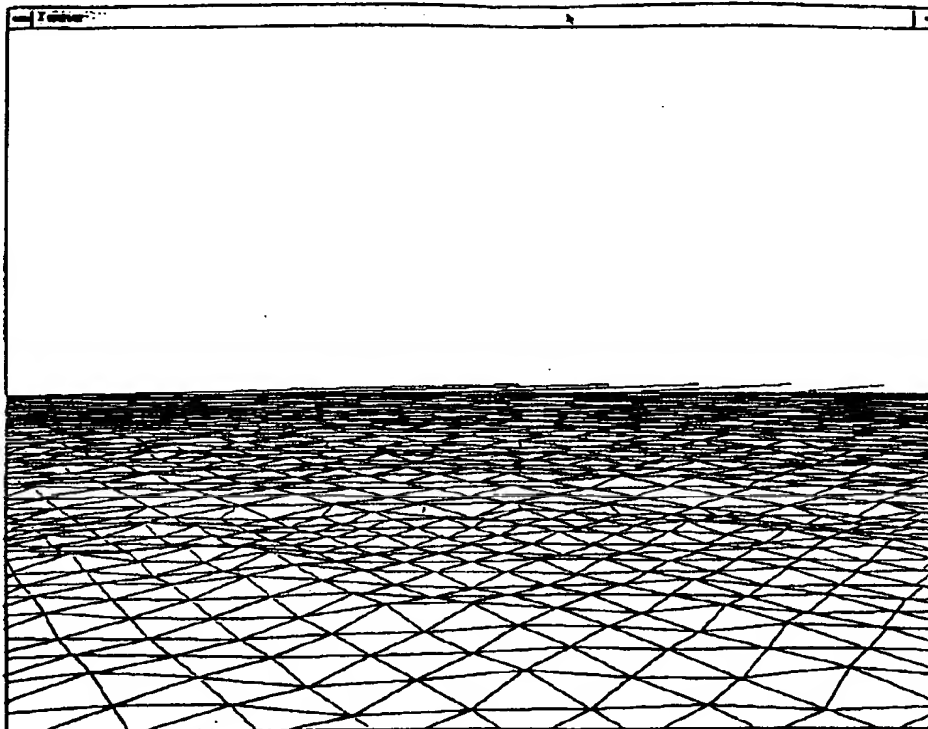


図  
8

【図3】三角形メッシュによる海洋波画像の生成原理を説明する概念図。

【図4】本実施例による三角形メッシュの交点座標とデータ構造を示す模式図。

【図5】本実施例による波パターンテーブルとゆらぎテーブルのデータ構造を示す模式図。

【図6】本実施例による波パターンとゆらぎの量子化過程を示す説明図。

【図7】ワールド座標系の表示対象エリアに置換した模擬視界のメッシュ点と波パターンの関係を示す説明図。

【図8】本実施例による模擬海洋波画像の画面表示図。

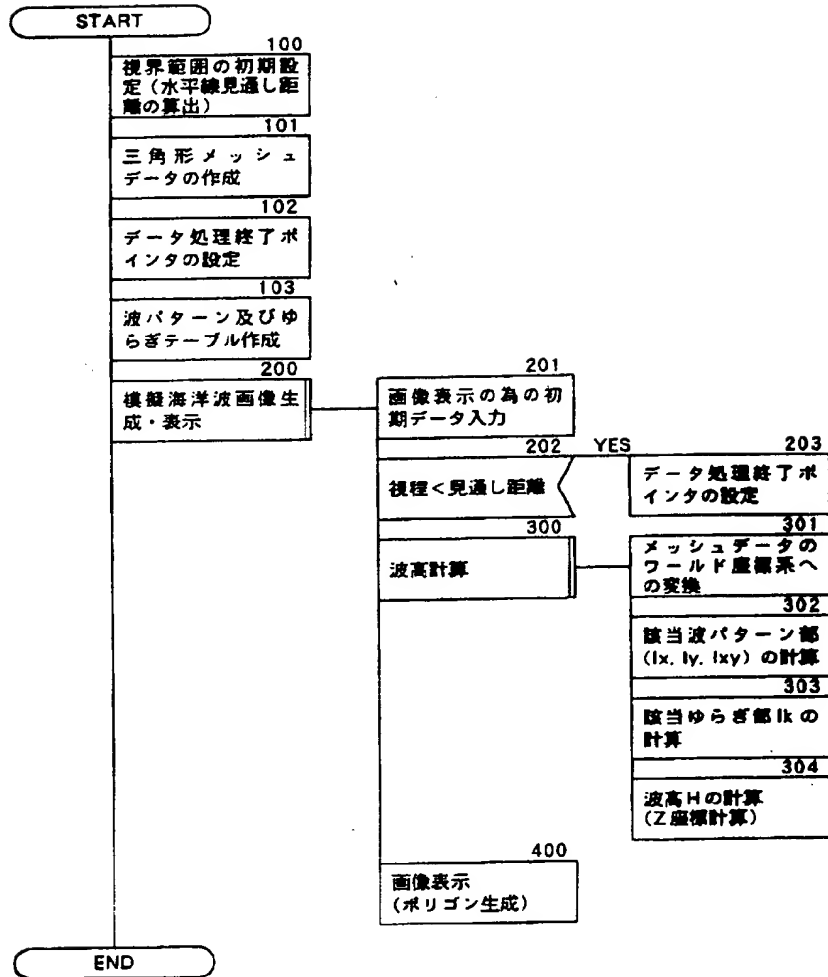
#### 【符号の説明】

1…海洋波画像生成部（CPU）、11…メッシュデータ作成部、12…波パターン作成部、13…波高計算部、2…主メモリ、21…波パターンテーブル、22…ゆらぎテーブル、3…画像記憶装置（磁気ディスク）、31…メッシュデータ記憶部、32…表示データ記憶部、4…入力装置、5…表示装置、51…表示制御部、52…ディスプレイ。



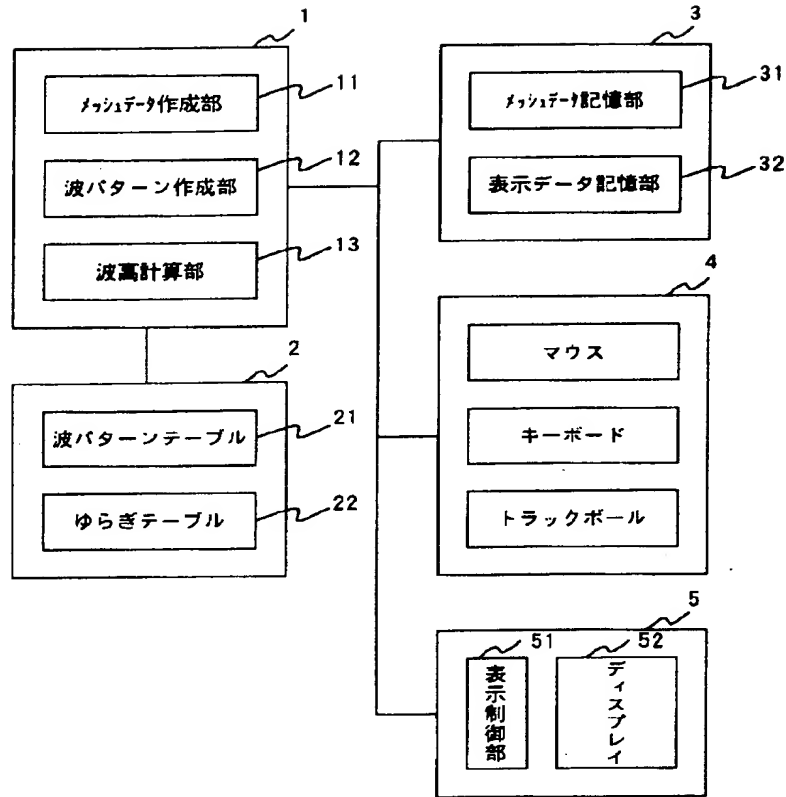
【図1】

図 1



【図2】

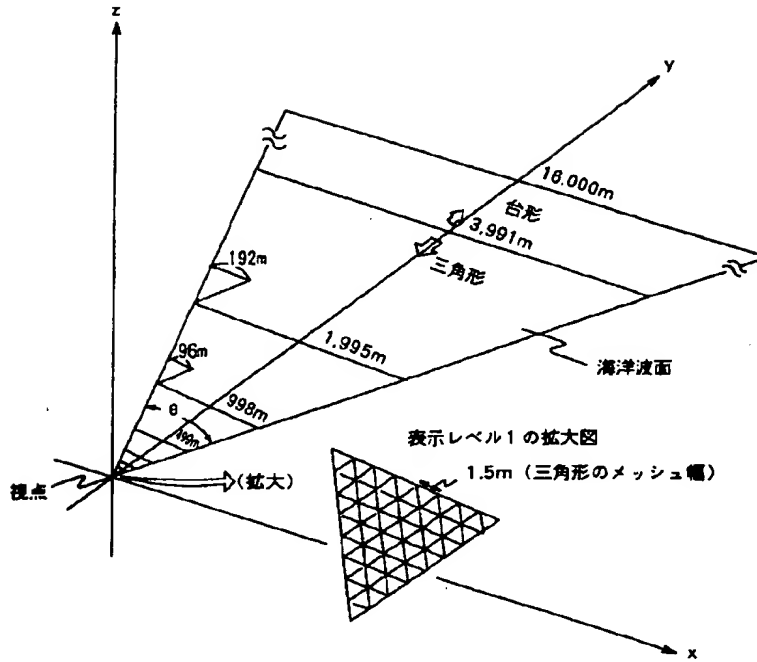
図 2



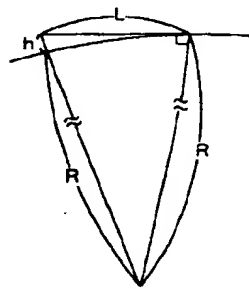
【図3】

図 3

(a)

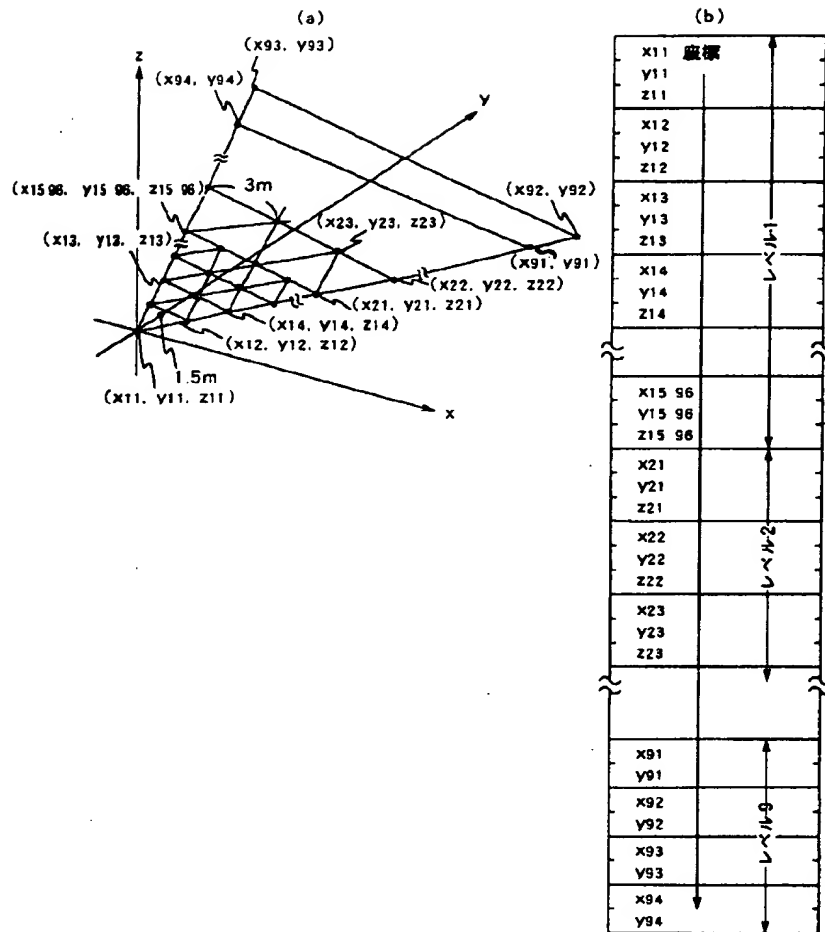


(b)



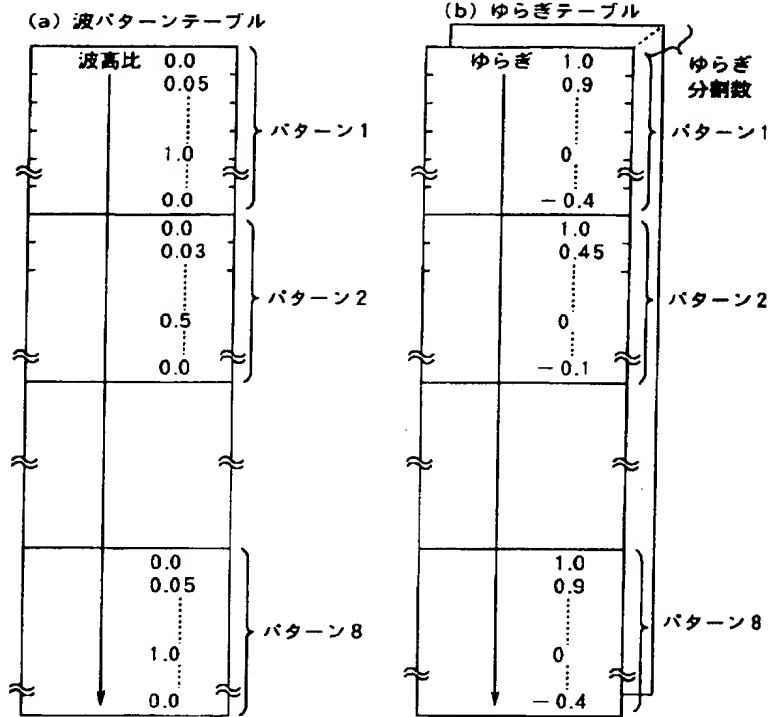
【図4】

図 4



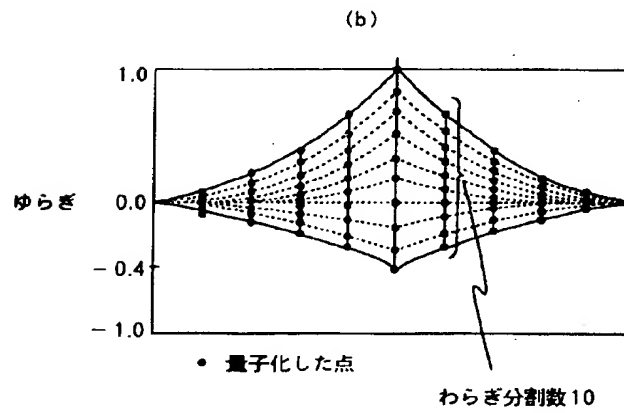
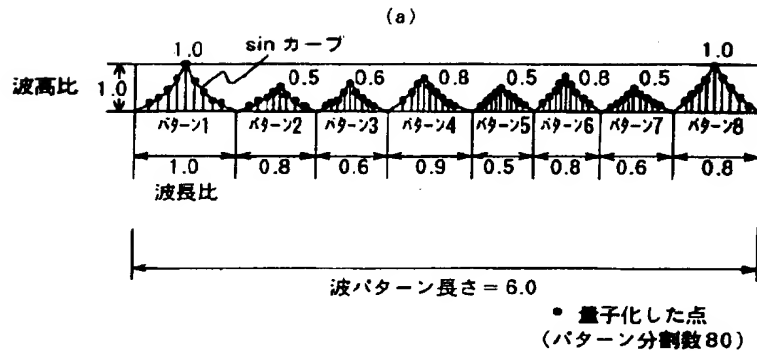
【図5】

図 5



【図6】

図 6



【図 7】

図 7

